

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-245981

(43)Date of publication of application : 19.09.1995

(51)Int.Cl.

H02P 6/16
H02P 7/05
H02P 7/63

(21)Application number : 06-055025

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 01.03.1994

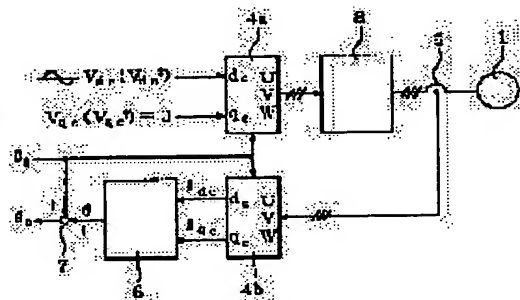
(72)Inventor : AIHARA TAKASHI

(54) DETECTOR FOR POSITION OF MAGNETIC POLE IN MOTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce cost and prevent disadvantages, such as degradation in performance, erroneous wiring and disconnection, due to wiring for obtaining power supply to a sensor and sensor output, by detecting in sensorless manner the positions of the magnetic poles in a motor which are electrically salient.

CONSTITUTION: The present invention relates to a system wherein the positions of magnetic poles in a motor which are electrically salient as in synchronous machines, are detected, and wherein the motor is driven by means of a driving device using a variable-voltage variable-frequency power supply. The system includes a coordinate transformer 4a and an inverter 8 for applying alternating voltage to the motor 1; a detector 5 for motor current; a coordinate transformer 4b that divides the detected motor current into the components parallel to the applied alternating voltage and the components orthogonal thereto; a phase difference detector 6 that detects the positions of the magnetic poles in the motor 1 according to the parallel components and the orthogonal components of the motor current; and an adder 7.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-245981

(43) 公開日 平成7年(1995)9月19日

(51) Int.Cl.⁸

H 0 2 P 6/16

7/05

7/63

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

3 0 3 V

H 0 2 P 6/ 02

3 5 1 N

7/ 00

5 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平6-55025

(22) 出願日

平成6年(1994)3月1日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 藍原 隆司

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

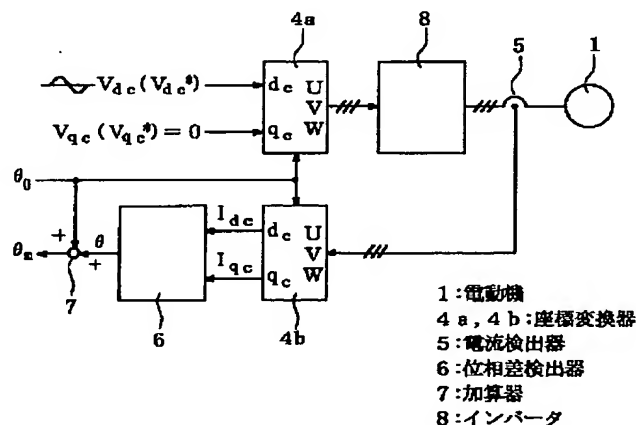
(74) 代理人 弁理士 森田 雄一

(54) 【発明の名称】 電動機の磁極位置検出装置

(57) 【要約】

【目的】 電氣的突極性を有する電動機の磁極位置をセンサレスにて検出し、コストを低減する。センサ電源やセンサ出力を得るための配線に伴う機能低下、誤配線、断線等の不都合を解消する。

【構成】 同期機等の電氣的突極性を有する電動機の磁極位置を検出し、この電動機を可変電圧・可変周波数電源としての駆動装置により駆動するシステムに関する。電動機1に交番電圧を印加するための座標変換器4aやインバータ8と、電動機電流の検出器5と、検出した電動機電流を、印加している交番電圧に対する平行成分及び直交成分に分離する座標変換器4bと、電動機電流の平行成分及び直交成分に基づいて電動機1の磁極位置を検出する位相差検出器6及び加算器7を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電氣的突極性を有する電動機の磁極位置を検出し、この電動機を可変電圧・可変周波数電源としての駆動装置により駆動するシステムにおいて、電動機に交番電圧を印加する交番電圧印加手段と、電動機電流を検出する手段と、検出した電動機電流を、印加している交番電圧に対する平行成分及び直交成分に分離するベクトル変換手段と、前記電動機電流の平行成分及び直交成分のうち少なくとも一方に基づいて電動機の磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、

を備えたことを特徴とする電動機の磁極位置検出装置。

【請求項 2】 電氣的突極性を有する電動機の磁極位置を検出し、この電動機を可変電圧・可変周波数電源としての駆動装置により駆動するシステムにおいて、回転子の磁束軸推定位置と同方向の交番電圧を電動機に印加する交番電圧印加手段と、電動機電流を検出する手段と、検出した電動機電流の平行成分及び直交成分のうち少なくとも一方に基づき、回転子の磁束軸推定位置を磁束軸実際位置に一致させるべく調節器により磁束軸推定位置を変化させ、前記磁束軸推定位置をもって磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、

を備えたことを特徴とする電動機の磁極位置検出装置。

【請求項 3】 電動機に印加される交番電圧が方形波である請求項 1 または 2 記載の磁極位置検出装置。

【請求項 4】 電氣的突極性を有する電動機の磁極位置を検出し、この電動機を可変電圧・可変周波数電源としての駆動装置により駆動するシステムにおいて、電動機に交番電流を印加する交番電流印加手段と、電動機端子電圧を検出する手段と、検出した電動機端子電圧を印加している交番電流に対する平行成分及び直交成分に分離するベクトル変換手段と、

前記電動機端子電圧の平行成分及び直交成分のうち少なくとも一方に基づいて電動機の磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、

を備えたことを特徴とする電動機の磁極位置検出装置。

【請求項 5】 電氣的突極性を有する電動機の磁極位置を検出し、この電動機を可変電圧・可変周波数電源としての駆動装置により駆動するシステムにおいて、回転子の磁束軸推定位置と同方向の交番電流を電動機に印加する交番電流印加手段と、電動機端子電圧を検出する手段と、電動機端子電圧の平行成分及び直交成分のうち少なくとも一方に基づき、回転子の磁束軸推定位置を磁束軸実際位置に一致させるべく調節器により磁束軸推定位置を変化させ、前記磁束軸推定位置をもって磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、

を備えたことを特徴とする電動機の磁極位置検出装置。

【請求項 6】 電動機に印加される交番電流が三角波である請求項 4 または 5 記載の磁極位置検出装置。

【請求項 7】 請求項 1, 2, 3, 4, 5 または 6 記載の磁極位置検出装置において、電動機を駆動するための電圧指令値または電流指令値から印加交番電圧または交番電流の周波数成分を除去する手段を備えたことを特徴とする電動機の磁極位置検出装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、電氣的突極性を持つ電動機、例えば同期電動機やリラクタンスモータの回転子の磁極位置をセンサレスにて検出するための磁極位置検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 同期電動機（例えばブラシレスモータ）やリラクタンスモータを駆動する際には、所望のトルクを発生させるために、回転子の磁極位置に対応した適切な位相で電流を供給する必要がある。これらの電動機に対する従来の駆動装置においては、図 7（a）に示すような方法により回転子の磁極位置を検出していた。すなわち、電動機 1 の回転子軸 1a に磁極位置センサ 2 を取り付け、更に精度が必要な場合にはこの磁極位置センサ 2 とパルスエンコーダ 3 とを併用するなどしていた。なお、図 7（b）は磁極位置センサ 2 の各相分の出力信号、図 7（c）はパルスエンコーダ 3 の出力信号の一例である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来技術においては、磁極位置を検出するために磁極位置センサ 2 やパルスエンコーダ 3 を用いているので、センサ自体やその出力信号の配線及び受信回路等を設ける分、コスト高になるという問題があった。また、センサへの電源供給や出力信号を伝達するための配線距離を長くすると、配線抵抗による電圧降下が大きくなってセンサの動作に支障を生じるため、配線距離上の制約があるほか、その配線接続において誤配線や断線等のトラブルが発生する不都合があった。

【0004】 本発明は上記種々の問題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、磁極位置検出用の各種センサ自体やその電源、出力等の配線を不要とし、コストの低減を図ると共に配線に伴う不都合を解消した磁極位置検出装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、第 1 の発明は、電氣的突極性を有する電動機の磁極位置を検出し、この電動機をインバータ等の可変電圧・可変周波数電源としての駆動装置により駆動するシステムにおいて、電動機に交番電圧を印加する交番電圧印加手段と、電動機電流を検出する手段と、検出した電動機

電流を、印加している交番電圧に対する平行成分及び直交成分に分離するベクトル変換手段と、前記電動機電流の平行成分及び直交成分のうち少なくとも一方に基づいて電動機の磁極位置を検出する磁極位置検出手段とを備える。

【0006】第2の発明は、回転子の磁束軸推定位置と同方向の交番電圧を電動機に印加する交番電圧印加手段と、電動機電流を検出する手段と、検出した電動機電流の平行成分及び直交成分のうち少なくとも一方に基づき、回転子の磁束軸推定位置を磁束軸実際位置に一致させるべく調節器により磁束軸推定位置を変化させ、前記磁束軸推定位置をもって磁極位置を検出する磁極位置検出手段とを備える。

【0007】第3の発明は、電動機に交番電流を印加する交番電流印加手段と、電動機端子電圧を検出する手段と、検出した電動機端子電圧を印加している交番電流に対する平行成分及び直交成分に分離するベクトル変換手段と、前記電動機端子電圧の平行成分及び直交成分のうち少なくとも一方に基づいて電動機の磁極位置を検出する磁極位置検出手段とを備える。

【0008】第4の発明は、回転子の磁束軸推定位置と同方向の交番電流を電動機に印加する交番電流印加手段と、電動機端子電圧を検出する手段と、電動機端子電圧の平行成分及び直交成分のうち少なくとも一方に基づき、回転子の磁束軸推定位置を磁束軸実際位置に一致させるべく調節器により磁束軸推定位置を変化させ、前記磁束軸推定位置をもって磁極位置を検出する磁極位置検出手段とを備える。

【0009】第5の発明は、上記第1ないし第4の発明において、電動機を駆動するための電圧指令値または電流指令値から印加交番電圧または交番電流の周波数成分を除去する手段を備える。

【0010】

【作用】電動機に交番電圧ベクトルまたは交番電流ベクトルを印加すると、印加ベクトルと回転子磁束軸とが平行または直交しているとき以外は、印加ベクトルに対し直交する方向にも電流または電圧が発生し、その大きさは印加ベクトルと磁束軸との間の相角度の2倍の角度の \sin 関数となる。また、印加ベクトルに対し平行方向に発生する電流または電圧の大きさは、印加ベクトルと磁束軸との間の相角度の2倍の角度の \cos 関数にオフセットを与えたものとなる。

【0011】従って、電動機に印加している交番電圧ベクトルまたは交番電流ベクトルに対し、平行成分及び直交成分の電流（電動機電流）ベクトルまたは電圧（電動機端子電圧）ベクトルを検出し、各成分のうち少なくとも一方から、印加ベクトルと磁束軸との間の相角度を検出することができる。そして上記相角度から磁極位置を直接検出することもできるし、この相角度がゼロになるように印加ベクトルの位相を調節することで間接的に磁

極位置を検出することもできる。また、各成分の双方を用いる場合には、各成分の大きさの比の \tan の逆関数をとることにより求めた角度に基づいて、上記相角度を検出することができる。

【0012】更に、印加ベクトルに対し直交方向に発生する電流ベクトルまたは電圧ベクトルのみを検出し、これらの電流ベクトルまたは電圧ベクトルがゼロになるように印加ベクトルの位相を調節することにより、間接的に磁極位置を検出することもできる。

【0013】加えて、電動機駆動のための電圧指令値または電流指令値に印加交番電圧または電流の周波数成分が含まれないように、適切な場所にノッチフィルタを挿入することで磁極位置検出の目的以外の励磁を除去することができる。逆に検出側では、印加交番周波数のみを通過させるフィルタを用いるか、あるいはフーリエ積分等によって印加交番周波数成分を抽出することで不要な信号を除去し、これにより電動機の駆動中においても磁極位置を検出することが可能となる。

【0014】

【実施例】以下、図に沿って各発明の実施例を説明する。まず、電氣的突極性を持つ電動機の電圧・電流方程式を、この電動機側の座標軸上で表現すると数式1となる。

【0015】

【数1】

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + PL_d & -\omega L_q \\ \omega L_d & R + PL_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega \phi_f \end{bmatrix}$$

【0016】数式1において、添字のdは電動機の磁束軸、qはd軸に直交する軸を示し、 V_d 、 V_q 、 I_d 、 I_q 、 L_d 、 L_q は各々電動機の一次電圧、一次電流、漏れインダクタンスのd軸成分、q軸成分を示す。また、Rは電動機の巻線抵抗、Pは微分演算子、 ϕ_f は同期電動機の場合に存在する界磁磁束であってリラクタンスモータの場合にはゼロである。

【0017】ここで、インバータ等の駆動装置側の座標軸（ d_c - q_c 軸）から観測したときに得られる電圧・電流方程式を考える。いま、電動機側のd-q軸と駆動装置側の d_c - q_c 軸とが図5の關係にあり、両者間には相角度 θ が存在するとする。この場合、d-q軸上の物理量と d_c - q_c 軸上の物理量とは、数式2の關係となる。

【0018】

【数2】

$$\begin{bmatrix} d \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_c \\ q_c \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} d_c \\ q_c \end{bmatrix}$$

【0019】数式1、数式2から数式3が得られる。

【0020】

【数3】

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{dc} \\ V_{qc} \end{bmatrix} &= C^{-1} \begin{bmatrix} R + PL_d & -\omega L_q \\ \omega L_d & R + PL_q \end{bmatrix} C \begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix} + C^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ \omega \phi_f \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} R + P(L_0 + L_2 \cos 2\theta) + \omega L_2 \sin 2\theta & -PL_2 \sin 2\theta - \omega(L_0 - L_2 \cos 2\theta) \\ -PL_2 \sin 2\theta + \omega(L_0 + L_2 \cos 2\theta) & R + P(L_0 + L_2 \cos 2\theta) - \omega L_2 \sin 2\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix} + \\ &\quad \omega \phi_f \begin{bmatrix} \sin \theta \\ \cos \theta \end{bmatrix} \end{aligned}$$

【0021】なお、数式3において、 $L_0 = (L_d + L_q) / 2$ 、 $L_2 = (L_d - L_q) / 2$ である。また、 ω は電動機の回転数に対応する駆動装置の励磁周波数であり、計算を簡略化するために $\omega = 0$ とすると、数式4が

$$\begin{bmatrix} V_{dc} \\ V_{qc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + P(L_0 + L_2 \cos 2\theta) & PL_2 \sin 2\theta \\ -PL_2 \sin 2\theta & R + P(L_0 - L_2 \cos 2\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix}$$

【0023】数式4より、駆動装置側の d_c 軸上または q_c 軸上で電圧または電流を変化させると、マトリクス対角項にある $PL_2 \sin 2\theta$ 、 $-PL_2 \sin 2\theta$ の項により、直交する軸上の電流または電圧に影響が出ることがわかる。ここで、電気的突極性を持つ電動機では L_2 はゼロではない($L_d \neq L_q$)ため、電動機側の $d-q$ 軸と駆動装置側の d_c-q_c 軸とが完全に一致しておらず相角度 θ がある場合には、 $PL_2 \sin 2\theta$ 、 $-PL_2 \sin 2\theta$ の項が表われ、電流または電圧に影響が出てくる。この d_c 軸または q_c 軸のとり方は任意であるた

$$\begin{bmatrix} V_{dc} \\ V_{qc} \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} L_0 + L_2 \cos 2\theta \\ -L_2 \sin 2\theta \end{bmatrix} \omega I \cdot \sin(2\pi f)t$$

【0026】数式5において、 I 、 f 、 L_2 が判っていれば、 V_{qc} だけからでも $\pm 45^\circ$ (電気角、以下同じ)の範囲で相角度 θ を得ることができ、また、 I 、 f 、 L_2 の一部が不明であっても適当な係数を用いることにより、ある程度の誤差を含むが相角度 θ を一応求めることができる。更に、次に述べる数式6のように V_{dc} と V_{qc} との双方を用いて \tan の逆関数をとることにより θ' を求め、 V_{dc} 及び V_{qc} の大きさに応じた加減算を行なうことにより $\pm 90^\circ$ の範囲で相角度 θ を得ることができる。この相角度 θ に基づき、後述のように磁極位置を直接または間接に検出することが可能である。

【0027】

【数6】

$$\theta' = (1/2) \tan^{-1} \{-V_{qc} / (V_{dc} - V_0)\}$$

得られる。

【0022】

【数4】

め、印加する電圧ベクトルまたは電流ベクトルの方向も任意である。

【0024】いま、電動機に交番電流を印加して電動機端子電圧を検出する場合には、数式4をそのまま用いることができる。一例として、数式4における $I_{dc} = I \cdot \sin(2\pi f)t$ 、 $I_{qc} = 0$ とし、 R の項を省略すれば数式5が得られる。なお、 f は交番電流の周波数である。

【0025】

【数5】

$$\begin{aligned} \theta &= \theta' + 90^\circ & (V_{dc} < V_0, V_{qc} < 0), \\ \theta &= \theta' & (V_{dc} \geq V_0), \\ \theta &= \theta' - 90^\circ & (V_{dc} < V_0, V_{qc} \geq 0) \end{aligned}$$

【0028】数式6における θ' と θ 、 V_{dc} 、 V_{qc} との関係を図6に示す。なお、数式6において、 $V_0 = L_0 \omega I \cdot \sin(2\pi f)t$ である。

【0029】上記説明においては、印加する交番電流 I_{dc} を正弦波電流としたが、駆動装置側での演算負荷を減らすためには、三角波電流を印加する方が有利である。

【0030】次に、電動機に交番電圧を印加して電流を検出する場合には、数式4から次の数式7を得る。この数式7において、 $\Delta = L_0^2 - L_2^2 \cos 4\theta$ である。

【0031】

【数7】

$$P \begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} L_0 - L_2 \cos 2\theta & -L_2 \sin 2\theta \\ L_2 \sin 2\theta & L_0 + L_2 \cos 2\theta \end{bmatrix} \times \left\{ \begin{bmatrix} V_{dc} \\ V_{qc} \end{bmatrix} - R \begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix} \right\}$$

【0032】一例として、 $V_{dc} = V \cdot \sin(2\pi f)t$ 、 $V_{qc} = 0$ とし、 R の項を省略すれば、数式8が得られる。

【0033】
【数8】

$$P \begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} L_0 - L_2 \cos 2\theta \\ L_2 \sin 2\theta \end{bmatrix} V \cdot \sin(2\pi f)t$$

【0034】数式8において、 V, f, L_0, L_2 が判っていれば、 I_{qc} だけからでも $\pm 45^\circ$ の範囲で相差角 θ を得ることができ、また、 V, f, L_0, L_2 が一部判っていない場合でも前記同様に相差角 θ を一応求めることが可能である。更に、数式6と同様にして $\pm 90^\circ$ の範囲で相差角 θ を得ることができる。この相差角 θ に基づき、後述のように磁極位置を直接または間接に検出することが可能である。ただし、この例では数式8中に Δ の項があるため、相差角 θ の正確さには若干欠けることとなる。

【0035】上記説明では、印加する交番電圧 V_{dc} を正弦波電圧としたが、駆動装置側の演算負荷を減らすためには方形波電圧を印加した方が有利である。また、何れの例でも d_c 軸の電流 I_{dc} または電圧 V_{dc} を変化させているが、 q_c 軸の電流 I_{qc} または電圧 V_{qc} を変化させても同様にして相差角 θ を検出することができる。

【0036】相差角 θ から磁極位置を検出する方法としては、以下の実施例に述べるように駆動装置（インバータ）側の d_c - q_c 軸位相角 θ_0 に相差角 θ を加算して磁極位置を直接求める方法のほか、相差角 θ がゼロになるように d_c - q_c 軸を回転させ、言い換えれば回転子の磁束軸推定位置が磁束軸実際位置に一致するように磁束軸推定位置を変化させることにより、相差角 θ を間接的に検出する方法がある。

【0037】さて、図1は本発明の第1実施例を示すブロック図である。この実施例は、請求項1に記載した第1の発明の実施例に相当するものであり、電動機に交番電圧を印加して電動機電流を検出している。図において、4aは正弦波電圧 V_{dc} （指令値 V_{dc}^* ）及び V_{qc} （指令値 V_{qc}^* ）（ $=0$ ）と d_c - q_c 軸位相角 θ_0 とが入力される座標変換器であり、その出力である三相（U, V, W相）の電圧指令値は可変電圧・可変周波数電源としてのインバータ8に入力され、その出力により電氣的突極性を有する電動機1が駆動される。ここで、座標変換器4a及びインバータ8は本発明における交番電圧印加手段を構成している。

【0038】電動機1の各相電流は電流検出器5により検出され、 d_c - q_c 軸位相角 θ_0 と共に座標変換器4bに入力されて I_{dc} 、 I_{qc} に変換される。すなわち、電動機電流は、印加している交番電圧ベクトルに対する平行成分及び直交成分に分離される。ここで、座標変換器4bは本発明におけるベクトル変換手段を構成する。

【0039】各電流成分 I_{dc} 、 I_{qc} は位相差検出器6に入力され、前述の数式8により d - q 軸との間の相差角 θ が検出される。この相差角 θ を加算器7において d_c - q_c 軸位相角 θ_0 と加算することにより、磁極位置 θ_m が算出される。ここで、位相差検出器6及び加算器7は本発明における磁極位置検出手段を構成する。

【0040】本実施例によれば、相差角 θ が得られた瞬間に磁極位置 θ_m が得られるため、検出遅れが小さい利点がある。但し、相差角 θ の検出には少なからず演算誤差が含まれるため、これが直接、磁極位置 θ_m の検出精度に反映されてしまうという問題がある。

【0041】次に、図2は本発明の第2実施例を示している。この実施例は、請求項1に記載した第1の発明及び請求項2に記載した第2の発明の双方の実施例に相当する。本実施例も電動機に交番電圧を印加して電流を検出するものであり、図1と同一の構成要素には同一の番号を付してある。

【0042】本実施例において、 V_{dc} を変化させてから相差角 θ を得るところまでは図1と同様であるが、相差角 θ を積分器9によってマイナス積分し、 d_c - q_c 軸位相角 θ_m に変換する。そして、この位相角 θ_m を座標変換器4a、4bに入力することにより、相差角 θ がゼロになるように d_c - q_c 軸を回転させる。

【0043】つまり、位相差検出器6により検出した相差角 θ をゼロにするように d_c - q_c 軸を回転させて磁束軸推定位置を変化させることにより、相差角 θ を間接的に検出する。このように構成すれば、 d_c - q_c 軸位相角 θ_m はいずれ磁極位置に一致するため、 d_c - q_c 軸位相角 θ_m 自体が磁極位置検出値となる。ここで、位相差検出器6及び積分器9は本発明における磁極位置検出手段

を構成し、積分器 9 は磁束軸推定位置を変化させる調節器として作用している。

【0044】本実施例によれば、相差角 θ に含まれる検出誤差は磁極位置検出精度に無関係となるため、精度的に有利である。また、このような構成で d_c 軸の電圧または電流を変化させた場合、 $d_c - q_c$ 軸が磁極軸に一致していれば q 軸電流はゼロとなってトルクリプルを発生しないため、不必要な振動を発生しない。この意味で、交番電圧または電流を印加する軸は、 d_c 軸の方が q_c 軸よりも有利であると言える。

【0045】なお、図 1 及び図 2 の実施例では、電動機に交番電圧を印加して電動機電流を検出することにより磁極位置を直接または間接に検出する場合を説明した。一方、請求項 4 に記載した第 3 の発明や請求項 5 に記載した第 4 の発明のように、電動機に交番電流を印加して電動機端子電圧を検出することにより磁極位置を直接または間接に検出する磁極位置検出装置の基本原理は、前述した数式 4 ないし数式 6 により既に明らかであり、その実施例の構成もそれぞれ図 1、図 2 から容易に想到することができる。

【0046】例えば、図 1 及び図 2 における座標変換器 4 a の入力を正弦波の I_{dc} (指令値 I_{dc}^*) 及び I_{qc} (指令値 I_{qc}^*) ($= 0$) とし、電流検出器 5 を電圧検出器に置き換えると共に、座標変換器 4 b により得た V_{dc} 及び V_{qc} に基づいて位相差検出器 6 により数式 5 または数式 6 を演算して相差角 θ を求めれば良い。

【0047】さて、以上の説明は $\omega = 0$ を前提としたものであるが、以下ではこれを $\omega \neq 0$ に拡張する。図 3 は本発明の第 3 実施例を示すブロック図であり、請求項 2 に記載した第 2 の発明及び請求項 7 に記載した第 5 の発明の双方の実施例に相当する。この実施例により、 $\omega \neq 0$ の場合について説明する。

【0048】図 3 において ΔV_{dc} は交番電圧であり、電流制御調節器 10 の電圧出力に加算器 7 a にて加算され、 d 軸電圧指令値として座標変換器 4 a に入力され

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{dc} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + P(L_0 + L_2 \cos 2\theta) & PL_2 \sin 2\theta \\ -PL_2 \sin 2\theta & R + P(L_0 - L_2 \cos 2\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta I_{dc} \\ \Delta I_{qc} \end{bmatrix}$$

【0053】更に、電動機回転速度が高くなってくると、図 3 の積分器 9 による θ_a の修正動作の遅れが θ の定常偏差を生じさせるため、問題となってくる。そこで、この定常偏差をなくす方法を、本発明の第 4 実施例としての図 4 により説明する。なお、この実施例も第 2 の発明及び第 5 の発明の双方の実施例に相当する。

【0054】以下では図 3 との相違点についてのみ説明する。まず、図 3 における積分器 9 のマイナス積分のゲインを、図 4 ではゲイン ($-K$) 14 として分ける。そ

る。電流制御調節器 10 に与えられる電流指令値 i_q^* は、ノッチフィルタ 11 a を通すことで交番周波数成分が除去されている。従って、座標変換器 4 a に入力される電圧指令値に含まれる交番周波数成分は ΔV_{dc} 分だけとなる。この電圧指令値は、インバータ 8 によって電動機 1 に実電圧として印加される。

【0049】電動機 1 の電流は電流検出器 5 により検出され、座標変換器 4 b を介して I_{dc} 、 I_{qc} に変換される。これらの I_{dc} 、 I_{qc} はノッチフィルタ 11 b、11 c によって交番周波数成分が除去された後、電流制御調節器 10 にフィードバック信号としてそれぞれ入力される。

【0050】一方、加算器 7 b、7 c の出力はそれぞれ原信号 I_{dc} 、 I_{qc} とノッチフィルタ 11 b、11 c の出力との差であるため、バンドパスフィルタの出力と等価になっている。つまり、加算器 7 b、7 c の出力には交番周波数成分のみが現われ、これを ΔI_{dc} 、 ΔI_{qc} として位相差検出器 6 に入力することにより相差角 θ が検出され、この相差角 θ を積分器 9 に入力してマイナス積分すれば $d_c - q_c$ 軸位相角 θ_a を得ることができる。ここで、ノッチフィルタ 11 a、11 b、11 c は電動機を駆動するための電圧指令値から印加交番電圧・電流の周波数成分を除去する手段を構成している。なお、位相差検出器 6 の入力側で交番周波数成分を抽出するにはフーリエ積分を行なっても良い。

【0051】以上のような構成とすれば、印加電圧または電流の交番周波数成分を電動機駆動用の電圧指令値または電流指令値から分離することができる。これは、交番周波数成分だけについてみれば $\omega = 0$ にしたのと同様な結果となり、数式 4 と同様に次の数式 9 を得ることができる。よって、この数式 9 に基づき、 $\omega = 0$ の場合と同様に相差角 θ を求めて磁極位置を直接または間接に検出することが可能である。

【0052】

【数 9】

して、微分器 12 により θ_a の微分信号を得、その出力をローパスフィルタ 13 を通して加算器 7 d に入力し、その加算結果を積分器 15 により積分する。このような構成とすることで、ローパスフィルタ 13 の出力が角速度 ω_a となり、これを積分して $d_c - q_c$ 軸位相角 θ_a を得ることで定常状態における相差角 θ をゼロにすることができる。

【0055】なお、図 3 及び図 4 の実施例により説明した第 5 の発明の着想は、第 2 の発明のみならず第 1、第

3、第4の発明についても適用することが可能である。

【0056】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、同期電動機やリラクタンスモータ等の電氣的突極性を持つ電動機の駆動システムにおいて、磁極位置検出用の各種センサを用いることなく停止状態から駆動状態まで磁極位置を検出することが可能になる。このため、センサ自体やその電源、出力等の配線が不要になり、コストの低減を図ることができると共に、配線の電圧降下によるセンサ電源電圧の低下や出力信号の減衰、誤配線、断線等のトラブルも防止できるといった効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示すブロック図である。

【図2】本発明の第2実施例を示すブロック図である。

【図3】本発明の第3実施例を示すブロック図である。

【図4】本発明の第4実施例を示すブロック図である。

【図5】実施例におけるd-q軸とd_c-q_c軸との関係

を示す図である。

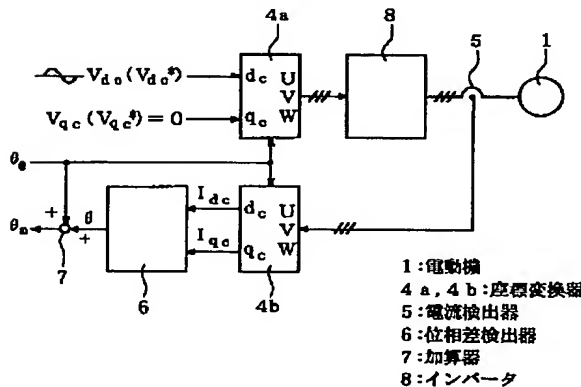
【図6】実施例における θ' と θ 、 V_{dc} 、 V_{qc} との関係を示す図である。

【図7】従来技術を示す説明図である。

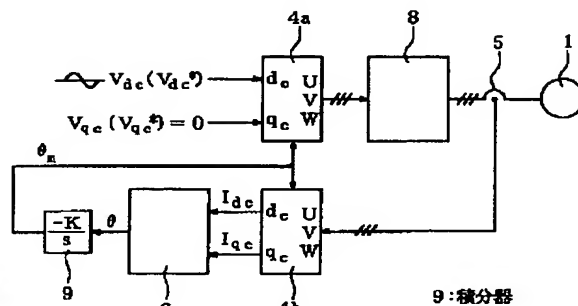
【符号の説明】

- 1 電動機
- 4 a, 4 b 座標変換器
- 5 電流検出器
- 6 位相差検出器
- 7, 7 a, 7 b, 7 c, 7 d 加算器
- 8 インバータ
- 9, 15 積分器
- 10 電流制御調節器
- 11 a, 11 b, 11 c ノッチフィルタ
- 12 微分器
- 13 ローパスフィルタ
- 14 ゲイン

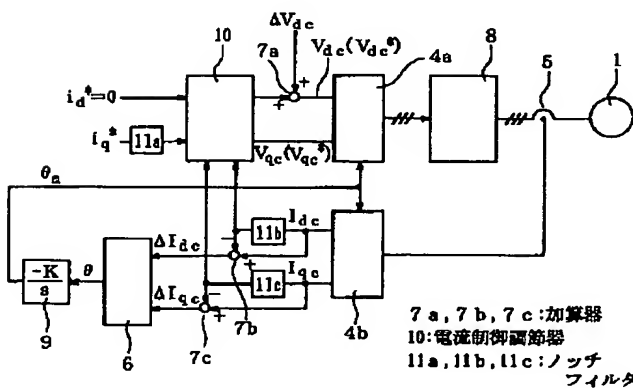
【図1】



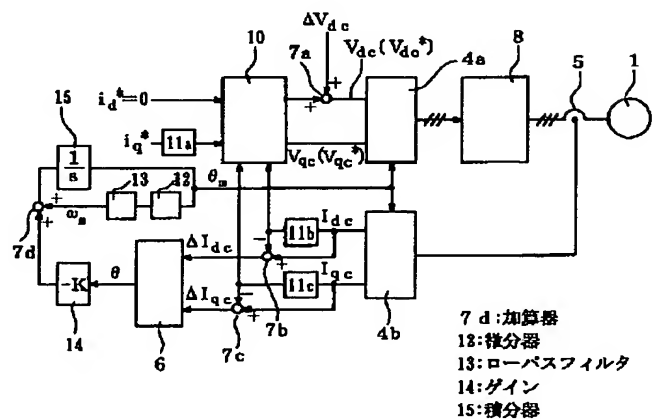
【図2】



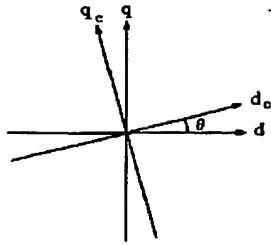
【図3】



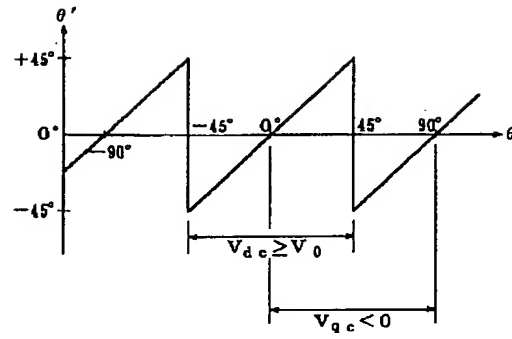
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

